

## **ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ БІОМЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРСТИК СИСТЕМИ «СПОРТСМЕН-ЖЕРДИНА»**

Результат стрибка з жердиною залежить від різних факторів, наприклад, від висоти хвату та виконання певних вправ за годину розбігу і вису на жердині за обмежений годину стрибка. Розбіг у стрибку з жердиною включає вихідне положення стрибуну перед стрибком і винесення з постановкою жердини в упор. Початкове положення спортсмена, що тримає жердину з точки зору ширини захвату між руками залежить від довжини рук, ширини плечей, рухливості в плечових і променезап'ясткових суглобах. Висота хвату залежить від швидкості розбігу, виносу і способу постановки жердини в ящик для упору та переходу від відштовхування у вис, а також від здатності координувати свої рухи у розбігу, тобто в якій степені стрибун володіє технікою стрибка.

В значній мірі цьому сприяє правильний спосіб тримання жердини і ширина захвату, тобто відстань між кистями рук. Максимальне згинання жердини настає в тій момент, коли тулуб стрибуну займає горизонтальне положення до землі. Характеристики фази відштовхування визначаються в основному біомеханічними характеристиками, які здатні реалізувати спортсмен, а саме: швидкістю останніх кроків у розбігу, кутом відштовхування і постановки жердини, висотою положення центру маси спортсмена.

Постановку жердини в упор представляють як динамічний удар енергією якого амортизує (поглинає) еластична жердину і зв'язкового-сухожильний апарат спортсмена. За даними тензометричних досліджень, виникаючі при цьому вертикальні і горизонтальні «упорові» зусилля дуже значні.

Опорна частина стрибка включає фази «вис-замах», «помах», «розгинання», «підтягування», «віджимання». Вона триває з моменту відриву поштовхою ноги спортсмена від поверхні до моменту відпускання жердини і включає рухи вису-замаху, помаху, розгинання, підтягування з поворотом і віджимання.

Біомеханічною основою техніки опорної частини стрибка з жердиною є система маятників, які динамічне взаємно впливають один на одного. Основою техніки махових рухів в стрибку з жердиною є механіка маятника. Таких маятників, три: перший утворюється при обертанні опущеної в ящик для упору жердини, другий – при обертанні тіла стрибуну навколо кистей рук, плечового поясу, третій – при обертанні ніг спортсмена в тазостегнових суглобах по відношенню до тулуба всі три маятника складно взаємодіють між собою залежно від амплітуди рухів спортсмена і кутових швидкостей переміщення ланок тіла.

Кутова швидкість руху жердини залежить від довжини, маси та змінного осьового моменту інерції «спортсмен-жердина». Вкорочення хорди жердини сприяє просуванню системи «стрибун-жердину» до вертикалі, як і за умови

найбільшого видалення загального центру ваги стрибуну в момент обертання навколо місць хвата за жердину. Збільшення хорди жердини, наближення загального центру мас тяжіння стрибуну до осі обертання – зменшує можливість просування даної системи до вертикалі. В результаті укорочення радіусу обертання навколо місць захоплення за жердину, збільшується кутова швидкість в другому маятнику, що позитивно позначається на результаті в стрибку. Знаходження найбільш раціональних біомеханічних характеристик поліпшить техніку виконання цієї частини стрибка.

У розрахунковій схемі фази відштовхування розглядаються біомеханічні характеристики, які здатен реалізувати спортсмен, а саме: швидкість останніх кроків у розбігу, кут відштовхування і постановки жердини, висота положення центру маси спортсмена з використанням пружної жердини, яка представлена як вагомий пружний, стрижень. Спортсмен як тіло розміщено посередині між місцем відштовхування і верхньою точкою хвату. Розрахункова схема та математична модель для визначення раціональних біомеханічних характеристик у фазі відштовхування та вису включала: сили тяжіння системи «спортсмен-жердина», змінну по величині силу аеродинамічного опору залежно від міделя, силу пружності жердини, початкову швидкість відштовхування, висоту центру мас тіла при відштовхуванні, з урахуванням кутів вильоту центру мас спортсмена під час відштовхування, для конкретних фізичних параметрів спортсменів.

Вважатимемо, що тіло спортсмена у фазі польоту рухається в сагітальній анатомічній площині. Результати розрахунків, які отримані при реалізації фізико-математичні моделі динамічної системи «спортсмен-жердина», визначені раціональні біомеханічні характеристики необхідних дій спортсмена.

Для складання фізико-математичної моделі динамічної системи «спортсмен-жердина» необхідно провести дослідження також механічних характеристик системи «спортсмен-жердина».

Механічні характеристики включають : жорсткість та деформацію жердини, момент інерції системи «спортсмен - жердина» відносно осі обертання жердини, з обліком форми жердини при переході від відштовхування у вис.

У розрахунковій схемі фази відштовхування з використанням пружної жердини, яка представлена як вагомий пружний, стрижень, спортсмен як тіло розміщено між місцем відштовхування і точкою хватові. Кінцівки стрибуну – набір вагомих, нерозтяжних, жорстко зафіксованих стрижнів .

Жорсткість жердини вибирається залежно від висоти хватові, довжини і маси тіла спортсмена, швидкості розгону, висоти установки планки і ряду інших чинників. Сила пружності прийнята спрямованою по хорді, що сполучає верхній і нижній кінці зогнутого жердини.

Деформація жердини при висі спортсмена повинна мати, як найбільш раціональну, форму дуги частини загального кола зігнутої жердини.

Осьовий момент інерції визначається як сумарний відносно осі що проходить через центр мас спортсмена і жердини паралельної осі обертання жердини помножений на квадрат відстані між цими осями. При цьому відстань між осями змінно залежно від кута повороту жердини і спортсмена. Все вищевикладені

механічні характеристик враховуються у фізико-математичної моделі динамічної системи «спортсмен-жердина».

Для визначення основних біомеханічних характеристик були складені фізико - математичні моделі динамічної системи «спортсмен-жердина». Вирішення цього завдання вимагає інтегрування диференціальних рівнянь руху. Така операція легко виконується за допомогою спеціального програмного комплексу «КІДІМ», розробленого на кафедрі теоретичної механіки НТУ «ХПІ».

Виконані розрахунки за допомогою фізико-математичної моделі та отримані графічні характеристики рівнянь руху, траєкторії польоту центру мас тіла спортсмена залежно від початкової швидкості вильоту, висоти хвату, кута вильоту, способу постановки жердини, висоти відштовхування центру мас спортсмена, сил опору середовища, сил реакцій опори, сил пружності жердини та інше. Аналіз графічних характеристик виявив, що високий результат у стрибках с жердиною можливо реалізувати для жінок, наприклад, при раціональних початкових параметрах коли:

- початкова швидкість вильоту центру мас тіла - (8 - 8,5 м / с);
- кут вильоту центру мас тіла по відношенню до горизонталі – (30° - 35°);
- висота відштовхування центру мас спортсмена залежить від конкретних фізичних параметрів спортсменів і досягає над поверхнею  $= (1 - 1,5\text{м})$ ;
- висота хвату над поверхне – (1,5 - 1,7м);
- сили опору середовища на 0,3 - 0,5 % зменшують результат стрибка;
- загальні сили реакцій опори жердини складають – (2 - 3 кН);
- жорсткість та деформація жердини різні залежно від фізичних можливостей спортсмена та умов змагань;
- тривалість фази польотної частини стрибка з жердиною – (1 - 1,5с.).

Фізико-математична модель для визначення основних біомеханічних характеристик і результати, отримані при реалізації фізико-математичні моделі динамічної системи «спортсмен-жердина», визначили раціональні біомеханічні характеристики необхідних дій спортсмена.

Аналіз цих графічних біомеханічних характеристик дозволить в комплексі вибрати найбільш ефективні з них для поліпшення загального результату. Використання на практиці вище перелічених досліджень для визначення раціональних біомеханічних характеристик, дозволять поліпшити техніку стрибків з урахуванням конкретних фізичних параметрів спортсменів. Результати теоретичних і практичних досліджень, можуть бути використані як для спортсменів високого рівня, так і при підготовці спортсменів - новачків для реалізації високого результату у стрибках с жердиною, як для спортсменів чоловіків та жінок.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Адашевский В.М. Теоретические основы механики биосистем / Адашевский В. М. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2001. – 260 с.
2. Адашевський В.М. Метрологія у спорті: навчально-методичний посібник для студентів спеціальностей фізичного виховання / В.М. Адашевський. – Харків: НТУ «ХПІ», 2010. – 76 с.